Aus der Kgl. Universitäts-Augenklinik zu München.
(Vorstand: Geh. Hofrat Prof. Dr. C. von Hess.)

Die Lage des Auges in der Augenhöhle unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Otto Barkan, cand. med.

Mit 12 Kurven im Text.

Wiesbaden.
Verlag von J. F. Bergmann.
1914.

Aus der Kgl. Universitäts-Augenklinik zu München.
(Vorstand: Geh. Hofrat Prof. Dr. C. von Hess.)

Die Lage des Auges in der Augenhöhle unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Otto Barkan, cand. med.

Mit 12 Kurven im Text.

Wiesbaden.
Verlag von J. F. Bergmann.
1914.

Druck von Carl Ritter, G. m. b. H., Wiesbaden.

Die ältesten Untersuchungen über das in der Überschrift gekennzeichnete Thema, deren Literatur bei Birch-Hirschfeld angegeben ist sind mit der Methode der Exophthalmometrie ausgeführt worden — sie unterliegen der gleichen Kritik; nämlich dass wegen der hierbei sich verbindenden Einstellungsschwankungen die Messungen, auch wenn innerhalb kurzer Zeit und bei möglichst konstanter Haltung des Untersuchten unternommen, sowohl an einem wie an beiden Augen, absolut vergleichbare Zahlen schwerlich ergeben können. Die Schwankungen der Bulbusstellung betragen meistens nur Bruchteile eines Millimeters. — Weitere Schwierigkeiten ergeben sich daraus, dass die Versuche von beträchtlicher Dauer sind, weil die Lidspaltenweite und andere Dinge gleichzeitig kontrolliert werden müssen; ferner dass gerade bei vergleichenden Untersuchungen über Einfluss der Respiration, Venenkompression etc., kleine Verschiebungen zwischen Subjekt und Apparat kaum zu vermeiden sind. Dazu kommt noch, dass Messungen nur bei aufrechter Kopfhaltung vorgenommen werden können.

Den oben genannten Methoden sind die objektiv graphischen gegenüber zu stellen. Letztere sind von Tuyl (1), Ludwig (2) und Birch-Hirschfeld (3) ausgeführt worden; in neuerer Zeit auf plethysmographischem Wege von Hoppe (10), Wessely (11), Krauss (5) und Levinsohn (6).

Tuyl registrierte die Bewegungen einer auf die kokainisierte Hornhaut aufgelegten Platte mittelst Hebelvorrichtung und rotierender Trommel. Die Methode ist sehr kompliziert, beschränkt sich auf die Untersuchung eines Auges und bedarf eines intelligenten Subjektes. Trotzdem hat Tuyl schöne Resultate erzielt. Ich komme auf seinen Versuch über Einstellung für die Nähe noch zurück.

Ludwig (2), unter Verwendung des Prinzips der Exophthalmometrie, misst auf objektiv photographischem Wege das Hervortreten des Auges bei aktiver Lidspaltenerweiterung.

Birch-Hirschfeld (3) schaltet die in dem Prinzip der Exophthalmometrie enthaltene Hauptfehlerquelle aus, nämlich die oben erwähnten Einstellungsschwankungen und dergl. und ermöglicht die Untersuchung bei verschiedenen Kopfhaltungen des Subjektes, indem ein Bleihelm nebst photographischem Apparat an den Kopf fixiert ist und daher während einer Versuchsreihe seine Stellung zum Kopf nicht ändert. Er macht zwei oder mehr auf einer Platte sich vollständig deckende Aufnahmen. Dadurch kann er die Lidspaltenweite, Verschiebung des Auges etc., auf der Platte kontrollieren.

Seine Resultate können aber, wie er selbst andeutet, nur als Paradigmen gelten, weil die Messungen nur auf ein Auge, seinem eigenen linken Auge und auf das einer an Basedow erkrankten Patientin, der zufälligerweise sein Bleihelm passte, sich beziehen konnten. Immerhin glaubt er, dass sie einen gewissen Durchschnittswert darstellen, weil sein linkes Auge dem mittleren Typus eines normalen Auges entspricht. Ausserdem hat er die auf objektiv photographischem Wege gewonnenen Resultate am Sattler-Heringschen Exophthalmometer nachgeprüft, wobei sich annähernd gleiche Werte ergaben.

Ich möchte auf einen Punkt hinweisen, der sich mir bei meinen Untersuchungen als nicht belanglos ergab. Durch veränderte Kopflage kann die Lichtwirkung der Hornhaut unter Umständen derart wechseln, dass sich eine Scheinverschiebung des Hornhautscheitels nach vorne resp. nach rückwärts von bis zu 0,4 mm einstellen kann. Dieses habe ich im Verlauf meiner Untersuchungen bei jeder Art der Beleuchtung, ob Taglicht, Nernstlampe etc., beobachten können. Eine Täuschung habe ich jedoch in meinen Versuchen vermeiden können, indem ich die Mafse der beiden Augen verglichen habe und die Richtung der auf die Hornhaut fallenden Lichtstrahlen am Anfang und auch während der Einstellung mittelst eines Spiegels resp. mittelst kleiner, in der Nähe des Auges gehaltenen und bewegten Papierstückchen von 2 cm^2 Grösse, geändert habe. Ich konnte mich dadurch zu jeder Zeit vergewissern, dass ich den wahren Hornhautscheitel im Auge hatte. Es fragt sich nun, ob der photographische Apparat, unter den von Birch-Hirschfeld beschriebenen experimentellen Verhältnissen im Stande ist, den für das Auge unter manchen Bedingungen vollständig durchsichtigen Hornhautscheitel zu registrieren; namentlich wenn es sich um zwei Aufnahmen auf derselben Platte handelt.

In neuerer Zeit ist die Plethysmographie angewendet worden, um die Volumensschwankungen des orbitalen Inhaltes und damit auch die Schwankungen der Bulbuslage zu registrieren. Die zwei Begriffe decken sich in qualitativer, wenn nicht quantitativer Hinsicht.

Ellis (4) ist der erste gewesen diese Methode anzuwenden.

Hoppe (10) schloss einen kapillaren Äthermanometer an seinen Plethysmographen.

Wesselys (11) Methode ist in der folgenden Arbeit von Krauss erwähnt.

Krauss (5) hat, mit vervollkommneter Methode, die Resultate einer langen Serie plethysmographischer Untersuchungen graphisch registriert und zwar gleichzeitig an beiden Augen. Er registrierte, mittelst Eichung seiner Lufttambouren, vor und nach den Untersuchungen, quantitativ graphisch die Schwankungen des orbitalen Volumens. Dieser Methode gegenüber dürfte vielleicht der Hinweis nicht unangebracht erscheinen, dass die Eichung von Lufttamburen mit Gummimembran ein Verfahren darstellt, dessen Genauigkeit und Verwertbarkeit für die Messung geringer quantitativer Schwankungen noch bis zu einem gewissen Grade in Frage steht. Ferner möchte ich erinnern an die Angabe (Nagels Handbuch, Bd. I, 3. 720—721), dass insofern die mit Lufttamburen gewonnenen Kurven, Druckkurven und nicht echte Volumenskurven darstellen, sie schwieriger deutbar sind.

Weiter hat Levinsohn (6) einen Plethysmographen konstruiert, welchen er mit den gewonnenen Kurven in der Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft Heidelberg 1908, demonstrierte. Er sagt: «Mit diesem kleinen Apparat war es mir möglich, sowohl die Veränderungen, die der Bulbus bei Bewegungen des Kopfes erfuhr, zu registrieren, als auch die Kraft, mit der die Luft durch den Bulbus verdrängt wurde, manometrisch zu messen». Diese Kurven sind, wie auch alle anderen auf ähnliche Weise gewonnenen, Druckkurven und nicht echte Volumenskurven. Seine Kurven sollen mit den Resultaten von Tuyl (1) und von Krauss (5) im wesentlichen übereinstimmen.

Eigene Untersuchungen.

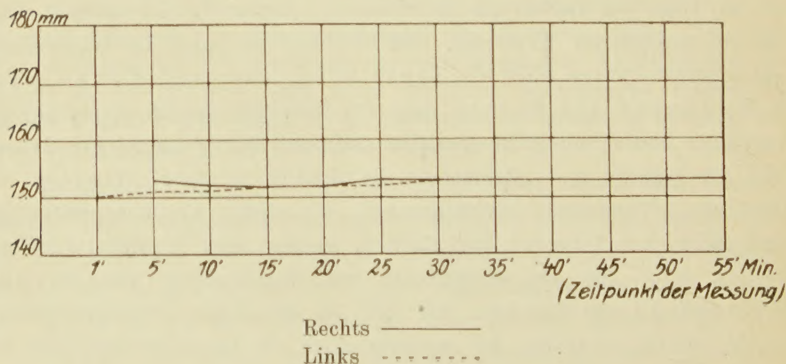
Mir war die Aufgabe gestellt, die physiologischen Schwankungen in der Lage des Bulbus zu untersuchen. Dieses Gebiet umfasst eine Anzahl gesonderter Probleme. Ich beschränkte mich im allgemeinen auf Untersuchungen über die sagittalen Vor- und Rückwärtsbewegungen des Bulbus resp. des Hornhautscheitels, unter physiologischen Bedingungen, im speziellen auf den Einfluss der Kopfhaltung und der lokalen und allgemeinen Zirkulationsverhältnisse auf dieselben. Vereinzelte Beobachtungen, die andere Probleme berühren, und nicht ohne Interesse sein dürften, werden auch Erwähnung finden; Fragen also, die im wesentlichen am eingehendsten von Birch-Hirschfeld und Krauss, wie sich aus der obigen Zusammenstellung ergibt, studiert wurden. Ich bediente mich bei dieser Untersuchung des von Lohmann (7) angegebenen Exophthalmometer.

Technische Vorbemerkungen.

Um mir zunächst ein Urteil zu verschaffen, ob der mir zur Verfügung gestellte Apparat eine Verschiebung des Messapparates gegenüber den fixen topographischen Verhältnissen des Kopfes herbeiführte, habe ich folgende Versuche angeführt.

Ich habe ein Stück Papier an beide Seiten des Nasenrückens geklebt in der Höhe des Canthus internus. Einen hierauf gezeichneten Punkt betrachtete ich als Punctum fixum. Anatomische Betrachtungen haben mich zu der Annahme geführt, dass bei aufrechter Kopfhaltung der Punkt eine konstante Lage einhält und dass bei verschiedenen Kopfhaltungen eine eventuelle Verschiebung der Haut des Nasenrückens und damit des Punktes eine so kleine sein muss, dass sie sich unseren Messungsmethoden entzieht. Diese Annahme lässt die Art der gewonnenen Kontrollkurven als berechtigt erscheinen. Das Punctum fixum wurde sofort nach Aufsetzen des Apparates visiert und abgelesen. Neue Ablesungen erfolgten in Intervallen von je einer halben Minute. In den ersten 10—30 Minuten nach Aufsetzen senkte sich der Apparat 0,1 bis 0,2 mm gegen den knöchernen Orbitalrand; nach diesem Zeitpunkte änderte er seine Lage nicht. Nachdem der Apparat eine konstante Stellung eingenommen hatte, wurden Messungen bei verschiedenen Kopfhaltungen und noch allerlei experimentellen Eingriffen gemacht mit dem Ergebnis, dass die exorbitale Entfernung des am Nasenrücken angebrachten Punctum fixum bis auf 0,1 mm konstant blieb; auch eine Dauer der Versuchsreihe von $1^1/_2$ Stunden änderte dieses Verhalten nicht (Kurve I).

I. Exorbitale Entfernung des am Nasenrücken angebrachten Punctum fixum. Versuch am 27. 4. 13.



Ferner bleibt nach Verlauf von den ersten 5 Minuten nach Aufsetzen des Apparates die Differenz zwischen den exorbitalen Entfernungen der beiden Bulbi bis auf 0,1 mm konstant (Kurve I).

Lichtreflexe können in mannigfacher Weise das Visieren des Hornhautscheitels erschweren. Da es unter den experimentellen Bedingungen unmöglich ist, Lichtquellen unter Vermeidung jeglicher störender Wirkung herzustellen, habe ich diese beseitigt, durch das Anbringen an den Nasenrücken von einem 2 cm^2 grossen Stückchen weissen resp. schwarzen Papiers, auf welchem zugleich eine vertikal verlaufende Millimeterskala aufgezeichnet ist. Helle Augen heben sich von dem schwarzen Papier sehr deutlich ab und Vice versa. Auch muss man bei der Wahl der Papierstückchen die zur Zeit waltende Lichtwirkung in Betracht ziehen. Ein zweiter Papierstreifen mit vertikaler Skala, der an den horizontalen Arm des Apparates in der Nähe seines orbitalen Randes angebracht ist, ermöglicht das Visieren der Cilien des Oberlides und der Pupille. In dieser Weise wird die Lidspaltenweite und die Blickrichtung kontrolliert. Diese Kontrolle obwohl nicht sehr exakt, erfüllt vollständig ihren Zweck, indem bei willkürlichen, sowie unwillkürlichen Schwankungen der Lidspaltenweite oder der Blickrichtung nach oben oder unten, die, wegen ihrer kleinen Ausdehnung sich der Kontrolle des Untersuchers entziehen, die Hornhautscheitellage unverändert bleibt. Erst bei groben und leicht kontrollierbaren Schwankungen tritt eine messbare Vor- oder Rückwärtsbewegung des Hornhautscheitels ein. Um seitliche konjugierte Augenbewegungen zu vermeiden, genügt in allen Fällen, ein an das Subjekt gerichteter Befehl, geradeaus zu sehen. Kontrollen beweisen nämlich, dass solche Augenstellungen mit nach der Seite gerichtetem Blick, welche dem Urteil des Subjektes entgehen, nicht genügen, um eine messbare Vor- oder Rückwärtsbewegung des Hornhautscheitels zu erzeugen. Bei wenig intelligenten Subjekten genügt es auch, die Stellung der Augen von vorne zu betrachten und entsprechend der jeweiligen Lage des Kopfes des Untersuchten, einen Punkt anzugeben, bei dessen Fixation die Blickrichtung gerade erscheint.

Es geht hieraus hervor, dass es möglich ist, die Lidspaltenweite und die Blickrichtung durch an das Subjekt gerichteten Blickrichtungsanweisungen konstant zu erhalten und sie dadurch, bei Untersuchungen unter verschiedenen Bedingungen, als etwa mitwirkende Faktoren auszuschalten.

Am Anfang jeder Versuchsreihe wurde als Primärstellung der Augen eine gerade, im sagittalen Durchmesser des Kopfes nach vorne und in die Ferne gerichtete Blickrichtung angenommen und mittelst der oben beschriebenen Kontrollmethode, beibehalten.

Die Untersuchungen wurden folgendermafsen vorgenommen.

Der Beginn einer Reihe von Untersuchungen wurde erst nach Ablauf von 8 Minuten nach Aufsetzen des Apparates unternommen. Der Grund hierfür ist, dass in der grossen Mehrzahl der Versuchsreihen der Apparat erst innerhalb 8 Minuten eine konstante Lage eingenommen hatte. Eine minimale Verschiebung kann allerdings noch im Verlaufe der nächsten $^1/_2$ Stunde eintreten (Kurve I), ist aber selten, und beträgt nach richtigem Aufsetzen des Apparates und Anlegen der Bänder (7) im seltensten Falle mehr wie 0,1 mm.

Die Dauer der Messung eines Auges beträgt 5—10 Sekunden. In den Versuchen wurde der Messung eines Auges 30 Sekunden zugeteilt. Nach veränderter Bulbuslage wurde die neue Messung solange wiederholt und notiert, bis sie konstant blieb.

Die Zeitdauer zwischen den einzelnen Versuchen blieb dieselbe und war lang genug, je nach der Art der Versuchsreihe, um das Erlangen einer unveränderten Lage seitens des Bulbus resp. eine vollständige Rückkehr zu der normalen Lage zu sichern.

Die Blickrichtung blieb in einer und derselben Versuchsreihe konstant. Ich erwähne der Vollständigkeit halber, dass erst Konvergenzstellungen innerhalb eines Meters Berücksichtigung verdienen.

Die Lidspaltenweite blieb ebenfalls konstant insoferne sie durch Muskelaktion hätte beeinflusst werden können. Die durch venöse Stauung hervorgerufene Lidspaltenverengerung war nicht zu umgehen. Letztere wird an der Stelle wo sie in Betracht kommt Erwähnung finden. Hier sei hervorgehoben dass, da die Stauung im Bereiche der Lider und die darauffolgende Lidspaltenverengerung in den Versuchen vorkommt, wo gleichzeitig orbitale Stauung vorliegt, wird sie in dem Sinne wirken, dass sie die Protrusio bulbi, welche hier als Ausdruck der orbitalen Stauung gemessen wird, quantitativ etwas vermindert. Prinzipiell könnte sie nur bei einseitiger Gesichtsvenenstauung in Betracht kommen (vide diese).

Die exorbitale Entfernung des Hornhautscheitels (d. h. die Bulbuslage) bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung und unter sonst konstanten Verhältnissen gilt hier als Norm. Zwischen jedem Versuche wurde eine Messung der Norm gemacht. Diese kommen in den fraktionierten

Kurven nicht zur Erscheinung. Jede Kurve beginnt und endet mit derselben.

Ergebnisse meiner Untersuchungen.

Im ganzen habe ich 14 Individuen untersucht; für die speziellen Probleme habe ich 5 Individuen, die unten näher erwähnt werden, verwendet.

Ich berichte zunächst über vereinzelte Beobachtungen die spezielle Probleme berühren.

Augenlider: Die Form der Lider übt einen bedeutenden Einfluss aus. Wie von Tuyl (1) und anderen schon bemerkt worden ist, sind die Schwankungen in der Bulbuslage bei Leuten mit schweren oder tief herabhängenden Lidern viel geringer wie bei anderen. Nachdem ich, an Individuen von verschiedenem Alter, Habitus und Refraktion, darunter auch Anisometropen hohen Grades, mich davon überzeugt hatte, dass der Tonus der Muskulatur, die Menge des Unterhautfettgewebes und das Gewicht des Bulbus einen bedeutenden Einfluss auszuüben imstande sind, habe ich diese Faktoren möglichst ausgeschaltet, indem ich als Versuchsobjekte nur Emmetropen im jungen Mannesalter (25—30 Jahre) verwendete. Geringe Grade von Hyperopie und Myopie (1,0—1,5 D.) und von Anisometropen (0,5 D.) waren nicht zu umgehen. Ausser an einem Versuch über Einstellung für die Nähe habe ich einen Einfluss dieser geringen Refraktionsfehler nicht wahrnehmen können.

Lidspaltenweite: —.

Lidnicken erzeugt durchschnittlich Enophthalmus von 0,5 mm.

Aktive Lidspaltenerweiterung erzeugt durchschnittlich Exophthalmus von 0,7—1,2 mm.

Diese Werte stimmen gut mit denen auf andere Weise gemessenen überein; bei aktiver Lidspaltenerweiterung fanden:

Müller (8)	bis zu 1 mm
Berlin (9)	« « 0,67 mm
Tuyl (1) (bei kokainisiertem Auge)	bis zu 0,5—0,8 «
Ludwig (2) (photographisch gemessen) . .	bis zu 0,85 «
Birch-Hirschfeld (3) (photographisch gemessen)	0,9 «
(Sattler-Heringscher Exophthalmometer)	0,6—1,75 «

Bei Lidnicken fand:

Berlin (9)	0,5 mm

Augenbewegungen (konjugierte): Da ich die Versuche auf Bewegungen in sagittaler Richtung beschränken musste, habe ich nur den Einfluss der Konvergenz untersuchen können. Es ergab sich, dass bei einem Individuum (Emmetrop) keine Stellungsänderung vorkam, bei anderen (3 Hyperopen von Refraktion: + 1,25 + 1,5; + 0,5 + 1,25; + 0,5 + 0,5) geringes Vortreten oder Zurücktreten des Auges eintrat. In diesen Fällen war der Konvergenzimpuls von einer Hebung resp. einer Senkung des Oberlides begleitet. In einem anderen Falle (Refraktion — 1,5 — 1,5) trat, ohne begleitende Senkung des Oberlides oder Verengerung der Lidspaltenweite, regelmäfsig Enophthalmus von 0,2 mm auf.

Erst nachdem ich zu diesem Resultat gelangte, kam mir die Arbeit von Tuyl (1) zu Gesicht. Meine Versuchsanordnung etc. ist genau die gleiche und ich weise dafür auf seine Arbeit hin. Tuyl berechnet mittels seiner graphischen Methode Enophthalmus von 0,1 bis 0,2 mm «in den Fällen, wo das Oberlid sich nicht senkte». Er deutete darauf hin, dass die Retraktionswirkung der äusseren Augenmuskeln bei den anderen Fällen durch die Hebung des Oberlides ausgeglichen wird.

Auch Krauss bemerkt bei Konvergenz, wie bei anderen Augenbewegungen eine leichte Senkung der Kurve (d. h. Enophthalmus).

Respiration —

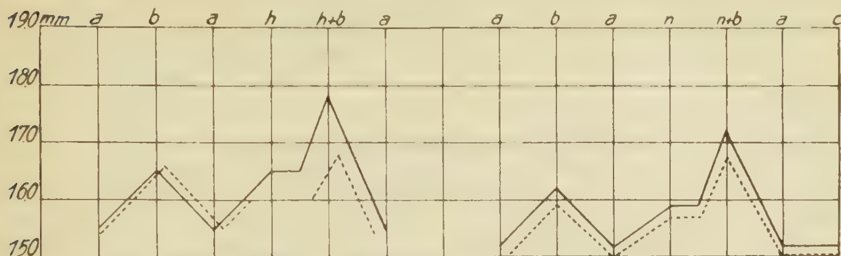
Schwankungen der Bulbuslage bei forzierter Inspiration resp. Exspiration, wie sie Tuyl und Krauss registriert haben, habe ich nicht beobachten können. Dies geht daraus hervor, dass sich Mafse von weniger als 0,1 mm der von mir benutzten Methode entziehen. Tuyl, der zur Zeit die einzigen quantitativen Messungen gemacht hat, berichtet, dass sie nur Bruchteile eines 0,1 mm betragen.

Starke Inspirationsbewegung bei geschlossener Glottis ergab keine Verschiebung des Bulbus. Dagegen ist exspiratorisches Pressen bei geschlossener Glottis von bedeutendem Einfluss. Die maximalen Werte in aufrechter Haltung zeigen grosse individuelle Verschiedenheiten und schwanken auch naturgemäfs beträchtlich bei derselben Person zwischen 0,6—1,6 mm.

Bei verschiedenen Kopf- und Körperhaltungen summiert sich die in aufrechter Haltung durch exspiratorisches Pressen erzeugte Protrusio zu der jeweils durch die Kopf- bzw. Körperhaltung bedingte Protrusio (Kurve II, Fall I). Jedoch habe ich öfters beobachtet, dass bei Rumpfbeugung (d. h. Beugung des Oberkörpers im Hüftgelenk bis zur hori-

II. Einfluss respiratorischer Bewegungen. Versuch am 4. 5. 13.

Fall I. Fall III.



———— Exorbitale Entfernung des rechten Hornhautscheitels.
- - - - - - - - „ „ „ linken „

a = Aufrechte Haltung (norm.).
b = Exspiratorisches Pressen bei geschlossener Glottis.
h = Halsvenenkompression (doppelseitig).
n = Rumpfbeugung.
c = Inspirationsbewegung bei geschlossener Glottis.

zontalen) das exspiratorische Pressen eine um 0,1—0,4 grössere Protrusio wie bei aufrechter Haltung bedingte. (7 Beobachtungen an 3 Personen, Kurve II, Fall III).

Donders hat schon auf die individuellen Einflüsse bei exspiratorischem Pressen hingewiesen. Auf ophthalmometrischem Wege hat er folgende Werte festgestellt:

Maximum von 5 Fällen . . . . 1,45 mm
Minimum « 5 « . . . . 1,1 «

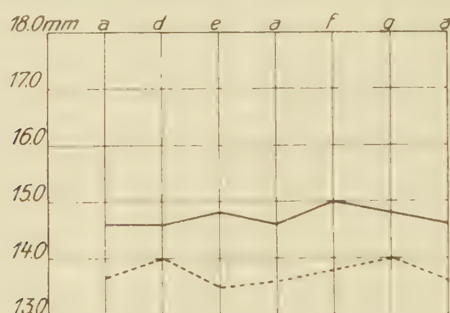
Birch-Hirschfeld hat auf photographischem Wege, an seinem linken Auge, bei tiefer Inspiration, Enophthalmus von etwa 0,3 mm festgestellt. Der Unterschied zwischen dieser Bulbuslage und der bei darauffolgender forzierter, angehaltener Exspiration, ergab 0,7 mm und «so beträgt das Hervortreten, bezogen auf die normale Stellung, nur 0,4 mm». Auch exophthalmometrisch beobachtete er ein nur sehr geringes Vorrücken des Augapfels. Bei anderen Personen wurde das Vorrücken etwas grösser gefunden, blieb aber in fast allen Fällen hinter denjenigen Werten zurück, die bei aktiver Erweiterung der Lidspalte beobachtet wurden. Er deutet dabei an, dass der Exophthalmometer für derartige Messungen nicht geeignet ist.

Dagegen habe ich Enophthalmus weder bei inspiratorischen Bewegungen irgendwelcher Art beobachten können, noch bei angehaltener Exspiration eine Protrusio von weniger als 0,6 mm.

Kopfhaltung (Kurve III).

Bei aufrechter Haltung und Rechtswendung des Kopfes, wobei die Primärstellung der Blickrichtung beibehalten wurde, tritt das linke Auge um 0,1—0,3 mm vor. Bei Linkswendung das rechte Auge um 0,1—0,3 mm. Das andere Auge verändert seine Lage nicht (Kurve III).

III. Einfluss der Rechts- und Linkswendung des Kopfes bei aufrechter Haltung. Versuch am 29. 6. 13.



a = Aufrechte Haltung (norm.).
d = Rechtswendung des Kopfes.
e = Linkswendung des Kopfes.
f = Kompression der V. jugularis interna dextra.
g = „ „ „ „ „ sinistra.

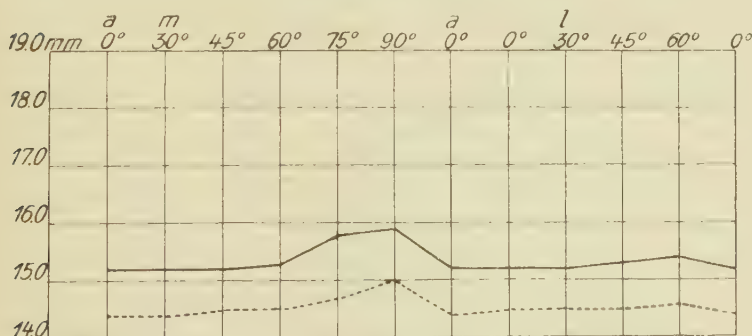
Bei einseitiger Jugularis (interna) Kompression, digital am Hals ausgeführt, tritt der Bulbus der gestauten Seite um 0,4 mm vor. Das andere Auge tritt gleichzeitig um 0,2 mm vor (Kurve III).

Ich schliesse daraus, dass bei Kopfwendung nach einer Seite das Auge der anderen Seite hervortritt, verursacht durch Kompression der Jugularis und im geringen Grade auch der Venae faciales der anderen Seite. Die Vena jugularis nimmt einen weniger direkten Verlauf und da sie in die Länge gezogen ist, wird ihre Wandspannung vermehrt; auch wird sie durch die einseitig vermehrte Spannung des Halsgewebes komprimiert. Diese Momente erschweren den Blutabfluss. Kontrollversuche ergaben, dass die Wirkung eventueller Verziehungen der Gesichtshaut auf die Bulbuslage nicht in Betracht kommen. Im Gegensatz zu meinen Resultaten fand Krauss (5) bei Linkswendung eine recht deutliche Erhebung der Kurve des linken Auges und schliesst daraus auf eine Kompression der Vena jugularis

interna der linken Seite durch den Kopfnicker. Das Verhältnis des rechten Auges ist nicht erwähnt. Bei einseitiger Jugulariskompression findet er ein starkes Vortreten des Auges der komprimierten Seite, ein weniger starkes der anderen Seite. Versuche dieser Art anderer Autoren habe ich nicht entdecken können.

Kopfneigung nach rückwärts (Kurve IV) habe ich sowohl an durch aktive Muskelspannung erhaltenem Kopfe, wie an gestütztem Kopfe (Nackenstütze) untersucht. Es ergaben die zwei Methoden bei der einfachen Kopfneigung nach rückwärts gleiche Resultate. Da für die komplizierten Versuche bei zurückgeneigtem Kopfe (Gesichtsvenenkompression etc.), der Gebrauch der Stütze erforderlich ist, habe ich sie in all diesen Versuchen angewendet. Bei Rückwärtsneigung um 25° bleibt die Bulbuslage meist unverändert. Bei weiterer Neigung bis um 90° ergab sich in allen Fällen Protrusio von 0,1—0,4 mm, die sich sofort einstellte. Eine geringe Jugulariskompression, die bei aufrechter Haltung wirkungslos wäre, in dieser Lage genügt, um sofort mäfsig starke Protrusio zu erzeugen. Dies beweist, dass die Bedingungen für das Zustandekommen einer Stauung in den Halsvenen vorhanden sind.

IV. Einfluss der Kopfvorwärtsbeugung und -rückwärtsneigung.
Versuch am 16. 6. 13.



0° = Aufrecht.
90° = Wagrecht.
a = Aufrechte Haltung (norm.).
m = Kopfvorwärtsbeugung.
l = Kopfrückwärtsneigung.

Ich vermute daher als Ursache der bei Rückwärtsneigung auftretenden Protrusio eine geringe, durch die starke Spannung des

Halsgewebes bedingte Kompression der Jugularis internae, sowie der externae und Gesichtsvenen.

Bei manchen Personen kommt schon bei einer Neigung um 25° Protrusio vor. Der Bau des Halses spielt hier eine augenscheinliche Rolle. Ich habe den Eindruck gewonnen, dass Leute mit kurzem, dickem, bei Bewegungen des Kopfes sich stark spannenden Hals, besonders zu Protrusio bei Rückwärtsneigung des Kopfes disponiert sind.

Niemals habe ich weder bei jüngeren noch älteren Personen Enophthalmus beobachtet. Im Gegensatz zu dieser Beobachtung hat Birch-Hirschfeld mittels seiner photographischen Methode an seinem linken Auge Enophthalmus von 0,2 mm festgestellt.

Im Anschluss hieran möchte ich auf eine, in der von mir benutzten Methode eventuell enthaltenen Fehlerquelle, welche die Diskrepanz zwischen den von Birch-Hirschfeld, Krauss und von mir gewonnenen Resultaten betreffs das Auftreten von Enophthalmus eine Erklärung zu geben imstande wäre, hinweisen. Nämlich, dass eine durch den Druck des an den Orbitalrand ansetzenden Arm des Apparates verursachte Spannung der Fascia tarso-orbitalis die freie Beweglichkeit des Bulbus und damit das Auftreten eines Enophthalmus nicht zulässt.

Gegen diesen Einwand jedoch spricht die Tatsache, dass ich bei Lidnicken Enophthalmus von 0,5 mm beobachtete, eine Zahl, die mit den Messungen früherer Untersuchern genau übereinstimmt und dass ich in vielen Fällen Exophthalmus von höherem Grade, als der von anderen Autoren festgestellte fand.

Kopfbeugung nach vorne (Kurve IV).

Die fraktionierte Kurve stellt die Protrusio bei verschiedenen Graden der Kopfbeugung nach vorne dar. Versuche an einem Individuum, innerhalb eines Monats, ergaben Werte von 0,2—0,6 mm. Versuche an verschiedenen Personen ergaben einen Durchschnittswert von 0,4 mm. Individuelle Schwankungen sind gross. Auch kann das eine Auge auch bei Isometropen beständig weiter vortreten wie das andere. Die Erklärung dieser Tatsachen liegt nicht klar zu Tage. Sie wäre vielleicht in der Asymmetrie des Gesichts- resp. des Schädelbaues zu suchen.

Da die Protrusio sofort, d. h. innerhalb von 5 Sekunden sich einstellt und nicht mit der Zeit zunimmt, ist sie wohl, wie Birch-Hirschfeld annimmt, im wesentlichen durch die Schwerkraft des Bulbus bedingt und keineswegs durch Stauungsvorgänge. Ich nehme an, dass auch das Gewicht des orbitalen Fettpolsters, samt orbitaler Blutsäule im selben Sinne wirken.

Birch-Hirschfeld fand bei Kopfbeugung um 90° Exophthalmus von 0,7 mm der sich sofort einstellte, und den er darum auf die Schwerkraft des Bulbus allein zurückführte und nach weiteren $2^3/_4$ Minuten weitere 1,0 mm. Letztere führte er auf Stauungsvorgänge zurück. Danach blieb die Lage konstant. Also im ganzen eine Protrusion von 1,7 mm.

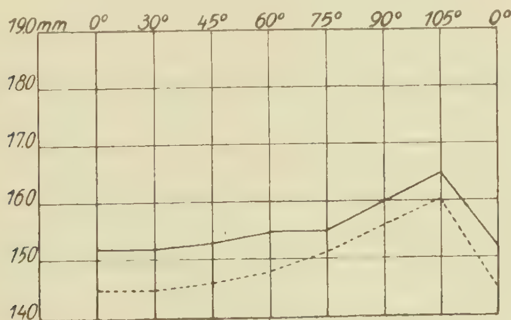
Annähernd hohe Werte konnte ich niemals bei als normal zu betrachtenden Menschen beobachten. Nur in vereinzelten Versuchen, die ich an einem hochgradigen Myopen (9,0 D.) anstellte, fand ich Werte von bis zu 1,5 mm.

Eine weitere Zunahme der Protrusio bei länger dauernder Beobachtung fand nicht statt.

Rumpfbeugung (Kurve V).

Die Kurve stellt den Effekt einer Beugung im Hüftgelenk dar, wobei Kopf und Rumpf in derselben geraden Linie bleiben. Geringe Verschiedenheiten in dem Grade der Beugung des Rumpfes, wenn dieser der Wagrechten sich nähert, verursachen bedeutende Schwankungen der Protrusio. So können zum Beispiel bei der Rumpfbeugung bis zur Wagrechten selbst, wie in einer Versuchsreihe an derselben Person hervorgeht, ein Schwanken der Werte von 0,4—1,0 mm konstatiert werden. Als Durchschnittswert zahlreicher Untersuchungen an verschiedenen Personen ergab sich 0,5 mm, was kaum das Mafs bei Kopfbeugung bei aufrechtem Körper übersteigt. Ich nehme an, dass in beiden Fällen dieselben ursächlichen Faktoren die Hauptrolle spielen und dass eigentliche Stauung erst dann eintritt, wenn der Kopf, resp.

V. Einfluss der Rumpfbeugung. Versuch am 19. 6. 13.



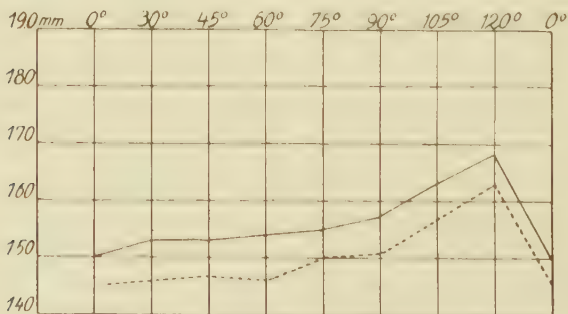
0° = Aufrecht.
90° = Wagrecht.

die Orbita, sich tiefer befinden wie die Hauptmasse des Rumpfes. Mit dem Tiefertreten des Kopfes unter die Wagrechte nimmt der Grad der Protrusio rasch an Umfang zu und das Auge nimmt nicht mehr die für die jeweilige Lage maximale Protrusio sofort ein, sondern bedarf dazu einiger Zeit. Also erst in letzterem Falle kommt es zu merklichen Stauungsvorgängen (Kurve VI, 3). (Diese Kurve stellt Bauchlage dar, kann aber hier als Illustration für das Prinzip in Betracht gezogen werden.) Obiges Verhalten tritt klar zu Tage in den folgenden Kurven der Körperlagen, gleichgültig ob Bauch- oder Rückenlagen.

Die Versuchsanordnung bei den Körperlagen war die folgende: Ein etwa körperlanges Brett ist mittels Scharniergelenk an einem gleichlangen Tische befestigt. Am fixierten Ende ist eine Stütze für die Füsse: am freibeweglichen Ende befindet sich ein Ausschnitt mit Kinnriemen, auf dem das Kinn des zu Untersuchenden bei Bauchlagen aufliegt. In dieser Weise findet eine Veränderung des Lageverhältnisses von Kopf zu Körper durch Eigenbewegungen nicht statt. Das Lageverhältnis ist allein abhängig von der kontrollierbaren Winkelneigung des Brettes. Wie schon in der Einleitung erörtert worden ist, habe ich auch hier nach jedem Versuche auf dem Brett eine Messung in aufrechter Haltung unternommen.

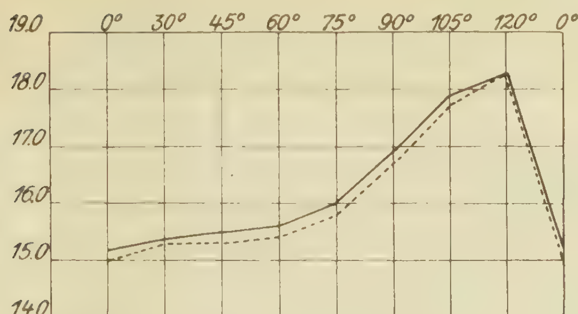
Es geht deutlich aus den Kurven und aus den Zahlen hervor [Kurve VI (1), VI (2)], dass die Protrusio erst dann stark zunimmt, wenn der Kopf, resp. die Orbita in gleicher Höhe oder tiefer zu liegen kommen wie die Hauptmasse, resp. die Hauptblutmasse, des Körpers.

VI. Einfluss der Körperlage.
1. Rückenlage. Versuch am 20. 6. 13.



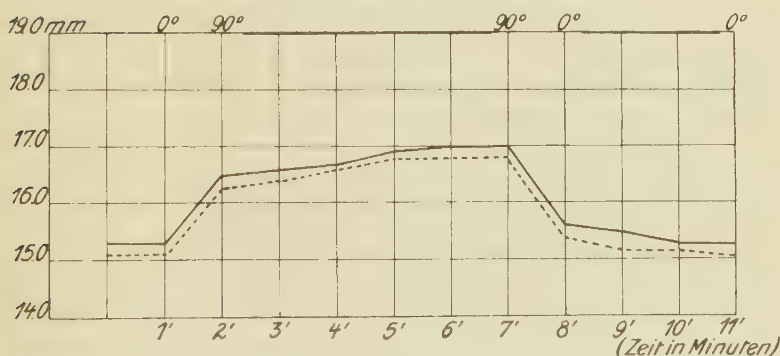
0° = Aufrecht.
90° = Wagrecht.

2. Bauchlage. Versuch am 26. 6. 13.



0° = Aufrecht.
90° = Wagrecht.

3. Bauchlage und Zeitdauer. Versuch am 26. 6. 13.



0° = Aufrecht.
90° = Wagrecht.

Die Bedeutung der Hydrostatik tritt klar zu Tage. Von welch grosser Wirkung diese ist, zeigt folgender Vergleich.

Durchschnittswerte bei demselben Individuum:

Bauchlage:	Winkelneigung über der Wagrechten, 25° . .	0,7 mm
	In der Wagrechten.	1,7 «
	Winkelneigung unter der Wagrechten, 15° . .	2,7 «
	30° . .	3,1 «
Halskompression, aufrechte Haltung:		
	(d. h. V. facialis + V. jugularis-Stauung)	1,9 «
Halskompression + Rumpfbeugung		1,9 «

Kopfbeugung (d. h. Bulbusschwerkraft etc.) . . . . . . 0,5 mm
Exspiratorisches Pressen (aufrechte Haltung) . . . 1,6 «

Dass in den Kurven der rasche Anstieg der Protrusio bei Rückenlage später auftritt, nämlich in der Wagrechten, als bei Bauchlage, etwa 15° über der Wagrechten, hängt in keinem kausalen Zusammenhang mit der Schwerkraft des Bulbus, sondern damit zusammen, dass die Orbitae in Rückenlage in ihrem Verhältnis zum Körper höher waren wie bei Bauchlage und daher erst bei einer weiteren Winkelneigung des Bulbus um 15° in das gleiche Lageverhältnis zum Körper gerieten.

Bei 30° unter der Wagrechten sind die Werte für Rückenlage und Bauchlage gleich, 1,8 mm resp. 1,9 mm. Hier verschwindet die Wirkung weniger wichtiger Faktoren, wie z. B. der Schwerkraft des Bulbus hinter der Wirkung der Hydrostatik.

Es ist beachtenswert, dass schon bei horizontaler Rückenlage eine Protrusio von 0,3—0,7 mm vorhanden ist. Da die Schwerkraft des Bulbus in diesem Falle im entgegengesetzten Sinne zur Stauung einwirkt, darf man annehmen, dass die Stauung noch grösser ist als sie in der Protrusio zum Ausdruck kommt.

Es ist auch zu bemerken, dass die erwähnten Werte, bei denselben Personen nur von den durch kombinierte Halskompression und exspiratorisches Pressen erzeugten Werten erreicht werden.

An dieser Stelle erwähne ich die maximale Protrusio, die im Verlaufe meiner Untersuchungen erzielt worden ist. Bei einem 26 Jahre alten Hyperopen (rechts + 1,0, links + 1,25), bei Bauchlage mit gleichzeitiger Halskompression betrug die Protrusio nach einer Dauer von $3^1/_2$ Minuten 3,7 mm. Bei demselben Manne ergab dreiminutenlange Bauchlage, mit einer Winkelrichtung von 30° unter der Wagrechten, eine Protrusio von 3,1 mm. In beiden Versuchen hatte die Protrusio ca. 1 Minute vor Abschluss des Versuches ihr Maximum erreicht.

Im folgenden soll über exophthalmometrische Versuche berichtet werden, die geeignet erscheinen, zur **Physiologie des orbitalen Abflusses** Beiträge zu liefern.

Birch-Hirschfeld und Krauss haben auf verschiedenem Wege, ersterer mittels des schon erwähnten Bleihelms und photographischer Registrierung, letzterer auf dem Wege der orbitalen Plethysmographie, über diese Frage Untersuchungen angestellt.

Da das Blut aus der Orbita seinen Weg sowohl nach hinten (Sinus cavernosus und Jugularvenen) als auch nach vorne (Gesichtsvenen) nimmt, habe ich wie Birch-Hirschfeld die Wirkung der Kompression jedes der beiden Abflusswege aus der Orbita untersucht.

Technische Vorbemerkungen.

Birch-Hirschfeld erzeugt Gesichtsvenenkompression mittels eines den Orbitalrand umfassenden Bleiring mit Gummiplatte, verbunden mit digitaler Kompression. Entsprechend praktischer Nachprüfung glaube ich, dass diese Methode die Möglichkeit von Fehlerquellen nicht ganz ausschliesst. Ich fand wenigstens mit dem von mir benutzten Bleiring, dass er, trotz seiner Biegsamkeit und der Gummiplatte, sich nicht an die kleinen Unebenheiten des Gesichtsschädels anschliesst. Dies scheint mir schon aus dem Gefühl hervorzugehen und daraus, dass die Kompressionsfurche, die der Ring in der Haut hinter sich lässt, eine in ihrer Intensität nicht annähernd gleichmäfsige ist. Zweitens kann ein solcher Ring wegen seiner Biegsamkeit während der Kompression seine Form verändern und dadurch die Intensität der Kompression, während des Versuches, im Bereich des ganzen Ringes, sowie insbesondere an ein und derselben Stelle eine wechselnde sein.

Krauss will nach Überlegung der Lage der Anastomosen zwischen Orbital- und Gesichtsvenen, durch entsprechende Gestaltung seiner plethysmographischen Ringe, einen freien Abflussweg nach dem Gesicht gelassen haben. Er komprimierte dann den vorderen Abflussweg durch Druck auf die Vena facialis anterior am Unterkieferrand.

Ich habe die Gesichtsvenen mittels eines Ringes aus Beissmasse, der, nach Erweichung in kochendem Wasser in warmem Zustande an den Gesichtsschädel etwas ausserhalb des Orbitalrandes angepasst wurde, komprimiert. Die erkältete Masse behält die ihr eingeprägte Form bei. Um Erwärmung und Erweichung der Masse zu vermeiden, ist, an der dem Gesicht zugekehrten Seite, ein schlecht wärmeleitender Stoff geklebt. Hierauf war ein weicher Gummischlauch mit Fäden angebracht. Mittels eines zentimeterweiten Ausschnittes konnten die Ringe an- und abgelegt werden ohne Berührung des Apparates. Nach Anlegen wurde der Ausschnitt mit dem zu ihm passenden Stück ausgefüllt. Nach einer Druckdauer von 3 Sekunden zeigt sich schon die Vollständigkeit der Kompression, indem die äussere Haut innerhalb des komprimierten Bezirkes stark zyanotisch wurde. Nach Ablegen des Ringes war eine tiefe und längere Zeit andauernde Druckrinne auf der Haut zu sehen. Dass der Ring während der Kompression nicht den geringsten Einfluss auf den Apparat ausübt zeigen Kontrollversuche. In diesen bin ich mit dem Ring in gleicher

Weise verfahren wie in den eigentlichen Versuchen. Die Stauung wurde vermieden dadurch, dass an einigen Stellen freier Abfluss für die Hauptvenenstämme gelassen wurde. Wiederholte Messungen vor. während und nach verschiedenartig ausgeführter Kompression ergaben konstante Werte für die exorbitale Entfernung beider Hornhautscheitel.

Dies zeigt, dass weder Augen noch Apparat ihre Lage verändert haben.

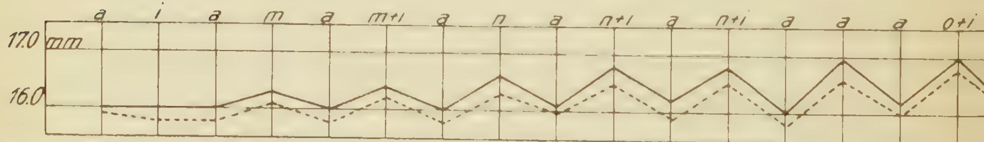
Das obige Verfahren ermöglicht vollständige Kompression der Anastomosen zwischen Orbital- und Gesichtsvenen je nach Belieben einseitig oder beiderseits. Ich glaube auch annehmen zu dürfen, dass die arterielle Zufuhr der Lider von dem Gesicht aus durch die anscheinend vollständige Kompressionswirkung ausgeschlossen ist.

Halsstauung wurde durch Strangulation mit Gummibinde ausgeführt.

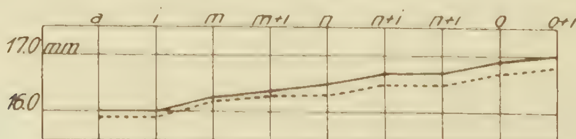
Ergebnisse meiner Untersuchungen.

Gesichtsvenenkompression einseitig [Kurve VII (1), (2) und VIII] ergab bei aufrechter Haltung keine Veränderung der Bulbuslage.

VII. Einfluss der einseitigen Gesichtsvenenkompression.
1. Versuch am 24. 6. 13.



2. Abgekürzte Darstellung desselben Versuches.



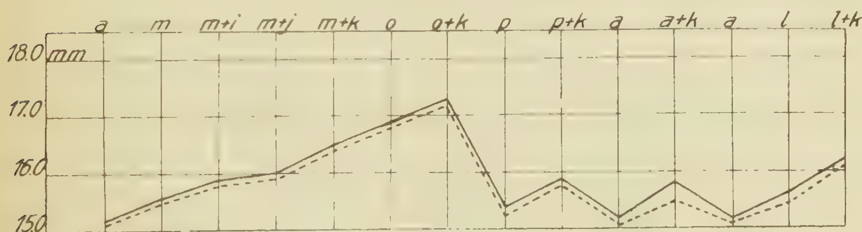
a = Aufrechte Haltung (norm.).
i = Gesichtsvenenkompression (rechts).
m = Kopfvorwärtsbeugung.
n = Rumpfbeugung.
o = Bauchlage (Körperachse in der Wagrechten).

Bei allen anderen Lagen (Kopfbeugung und Rückwärtsneigung, Rumpfbeugung, Körperlagen etc.) traten auf Kompression beide Augen sofort gleichmäfsig vor (und zwar unabhängig von der jeweiligen Lage) 0,1—0,3 mm. Krauss fand die Protrusio stärker auf der gestauten Seite. Vielleicht haben in meinen Versuchen die prallen Lider der gestauten Seite den Bulbus etwas am Vorrücken verhindert. Trotz dieser Möglichkeit glaube ich aus meinen Versuchen die Berechtigung zu dem Schlusse herleiten zu dürfen, dass dieses Verhalten vor allem auf rasche interorbitale Ausgleichung venöser Druckdifferenzen geringen Grades deutet.

Kontrollversuche ergeben, dass die Körperanstrengung des Untersuchten, der die Kompression an sich selber ausführt, an sich 0,1 mm betragen kann.

Gesichtsvenenkompression, doppelseitig (Kurve VIII) ergab sofort eine deutliche Protrusio, beiderseits in gleichem Mafse und zwar in gleich ausgiebigem Mafse in allen Körper- resp. Kopflagen, inklusive der aufrechten.

VIII. Einfluss der doppelseitigen Gesichtsvenenkompression.
Versuch am 24. 6. 13.



a = Aufrechte Haltung (norm.).
m = Kopfvorwärtsbeugung.
i = Gesichtsvenenkompression (rechts).
j = „ „ „ (links).
k = „ „ „ (doppelseitig).
o = Bauchlage (Körperachse in der Wagrechten).
p = Rückenlage „ „ „ „
l = Kopfrückwärtsneigung.

Die folgenden als Ausdruck der Gesichtsvenenstauung dienenden Zahlen habe ich auf zwei Weisen ermittelt:

a) Von der Protrusio bei Gesichtsvenenkompression + Kopfbeugung subtrahierte ich die durch zahlreiche Versuche ermittelte Protrusio bei Kopfbeugung allein.

b) Bei schon bestehender Kopfbeugung komprimierte ich die Gesichtsvenen und mafs die durch letzteren Eingriff bedingte Protrusio.

Die zwei Methoden ergaben gleiche Werte. Da die in b) schon bestehende Protrusio in allen Fällen eine relativ geringe war und infolgedessen einer Zunahme der Protrusio als Folge der Gesichtsvenenkompression nichts im Wege stand und da in der Tat die Zunahme in ihrem endgültigen Mafse sich sofort einstellte, glaube ich annehmen zu dürfen, dass diese Zahlen in dem später gemachten Vergleich als Ausdruck der Gesichtsvenenkompression verwertet werden durfen. Anders indessen verhielt es sich, wenn die bestehende Stauung hohen Grades war. Dieser Punkt findet später Erwähnung.

Die Körperanstrengung bewirkt an sich 0,1—0,2 mm. Diese subtrahierte ich von den angeführten Zahlen.

Die individuellen Schwankungen sind gross und schwer deutbar.

Als typische Beispiele der Wirkung der Gesichtsvenenkompression führe ich folgende an (Kurve VIII).

Einfluss der doppelseitigen Gesichtsvenenkompression bei:

		Rechts	Links
Fall 17	Aufrechter Haltung	0,6 mm	0,4 mm
	Kopfbeugung	0,9 „	0,9 „
	Bauchlage (horizontal). . . .	0,4 „	0,4 „
	Rückenlage	0,5 „	0,5 „
Fall 13	Aufrechter Haltung	0,4 „	0,4 „
	Kopfbeugung	0,2 „	0,2 „
	Kopfrückwärtsneigung . . .	0,6 „	0,6 „

Im folgenden sind die von beiden Augen und 4 Personen ermittelten Durchschnittswerte angeführt.

Einfluss der doppelseitigen Gesichtsvenenkompression bei:

Aufrechter Haltung	0,3 mm
Kopfbeugung	0,4 «
Kopfrückwärtsneigung	0,5 «
Rumpfbeugung	0,3 «
Bauchlage (horizontal)	0,4 «
Rückenlage	0,5 «

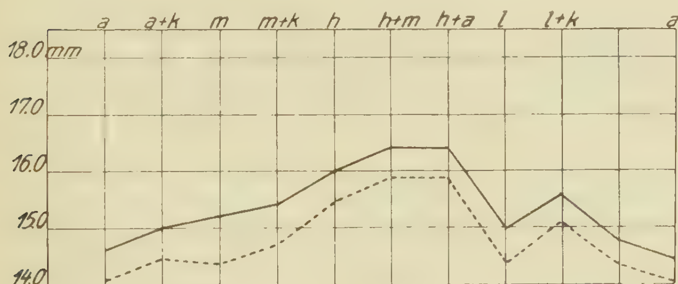
Diese Durchschnittswerte lassen schliessen, dass der Einfluss der Kompression eine Stauung ist, die in allen Kopfhaltungen und Körperlagen sich ziemlich gleich bleibt und deren Ausdruck eine Protrusio bulbi von 0,4 mm ist.

Dies ist eine relativ geringe Stauung, wenn man sie mit den früheren und noch zu erwähnenden Werten vergleicht.

Ich schliesse daraus, dass die Gesichtsvenen normaliter nur in geringem Mafse und unabhängig von der Kopflage als Abflusswege des orbitalen Blutes dienen.

Halsvenenkompression, doppelseitig (Halsbinde), Kurve IX, dient vor allem dazu, um den Einfluss der Kompression des hinteren Abflussweges zu untersuchen.

IX. Einfluss der doppelseitigen Halsvenenkompression.
Versuch am 27. 6. 13.



a = Aufrechte Haltung (norm.).
k = Gesichtsvenenkompression (doppelseitig).
m = Kopfvorwärtsbeugung.
n = Rumpfbeugung.
h = Halsvenenkompression (doppelseitig).
l = Kopfrückwärtsneigung.

Es ergaben sich folgende Durchschnittswerte:

Halskompression:	Aufrechte Haltung	. . .	1,5 mm
	+ Kopfbeugung	. . .	1,5 «

Aus meinen Untersuchungen habe ich die Überzeugung gewonnen, dass die Grade der Protrusio bulbi in nur sehr grober Weise und mit grösster Vorsicht für einen quantitativen Vergleich der unter verschiedenen Verhältnissen auftretenden orbitalen Stauungen zu verwerten sind.

Jedoch wäre es von Interesse, einen, wenn auch groben und mit Vorsicht zu deutenden Vergleich anzuführen. Ein solcher wäre der Vergleich zwischen der Wirkung von:

1. Gesichtsvenenkompression, doppelseitig + Kopfbeugung und
2. Halsvenenkompression, bei aufrechter Haltung.

Durchschnittszahlen, von an 4 Individuen gemachten Versuchen betragen für

1. . . . . . 0,8 mm
2. 1,5

Danach beträgt 2 nahezu das doppelte von 1. Dass aber diese Differenz in Wirklichkeit noch viel grösser ist, geht aus folgendem hervor.

Da die Gesichtsvenenkompression eine vollständige ist und die Protrusio einen nur geringen Grad beträgt, ist anzunehmen, dass die ganze Stauung in der Protrusio zum Ausdruck kommt. Dagegen muss die Halsvenenkompression naturgemäfs eine unvollständige sein. Dass bei der hochgradigen durch Halskompression bedingten Protrusio die geringe Wirkung der gleichzeitigen Gesichtsvenenkompression zum Ausdruck kommen soll, scheint unwahrscheinlich, weil bei derartig hochgradiger Protrusio eine Zunahme derselben nur durch das Hinzukommen von allerwirksamsten Faktoren, z. B. Bauchlage oder exspiratorisches Pressen, denen gegenüber die doppelseitige Gesichtsvenenkompression von geringem Einfluss ist, bedingt wird. Diese Protrusio ist daher im wesentlichen Ausdruck einer partiellen Kompression der V. jugularis internae allein.

Wie früher schon erwähnt worden, ist es höchst wahrscheinlich, dass in der relativ geringen Protrusio bei 1 die Wirkung jedes der zwei Faktoren zum vollen Ausdruck kommt. Mittels der früher gemachten Berechnung (Subtraktion von 1 der jeweiligen durch die Kopfbeugung allein bedingten Protrusio) ergibt sich folgender Vergleich:

Gesichtsvenenkompressionswirkung, als solche, bei gebeugtem Kopf . . . . 0,4 mm

Halsvenenkompressionswirkung, als solche, bei aufrechter Haltung . . . . 1,5 mm

Hieraus ergibt sich, dass Kompression der V. jugularis internae in aufrechter Haltung viel grössere Protrusio bedingt, als Kompression der Gesichtsvenen bei gebeugtem Kopf.

Für Kompression der Jugularis internae, bei gebeugtem Kopf wird dasselbe in noch höherem Maſse gelten, wenn wir uns an das über die Hydrostatik gesagte erinnern.

Indessen soll es uns nicht überraschen, dass im Experiment die in aufrechter Haltung durch Halskompression bedingte Protrusio bei Kopfbeugung nicht zunimmt. Wie oben schon erwähnt und wie aus zahlreichen Versuchen hervorgeht, wissen wir, dass bei derartig hochgradiger Protrusio eine Zunahme derselben nur durch das Hinzukommen von an sich aller wirksamsten Faktoren (z. B. Bauchlage oder exspiratorisches Pressen) bedingt wird und dass die Kopfbeugung im Vergleich zu diesen von geringer Wirkung ist.

Ich glaube daraus schliessen zu dürfen, dass der hintere Abflussweg bei Kopfbeugung, sowie bei allen anderen Lagen, konstant eine viel grössere Rolle spielt wie der vordere Abflussweg. Diese durch Stauung bedingte Protrusio findet ihren Ausdruck in dem Zahlenverhältnis von etwa 3 : 1. Aber wahrscheinlich überwiegt in Wirklichkeit die erste Komponente (der hintere Abflussweg) in noch viel höherem Grade.

Die von Birch-Hirschfeld (3) aus seinen Versuchen gezogenen Schlussfolgerungen sind:

loc. cit. S. 37: «Meine Befunde sprechen also dafür, dass die Gesichtsvenen bei gebeugter Kopfhaltung mindestens einen beträchtlichen Teil des venösen Blutes der Orbita abführen. Wäre dies nicht der Fall, so könnte ihre Kompression keine Stauung in der Orbita hervorrufen.»

Ferner schliesst er (S. 38), dass «bei gebeugtem Kopf das gesamte Blut der Orbita nach der Vena facialis überfliesst etc.»

Wenn ich mich auf Grund meiner Untersuchungen und Überlegungen berechtigt und genötigt sehe, diesen Gegensatz gegenüber Birch-Hirschfeld zu betonen, so tue ich es deswegen, weil das oben dargelegte mir nahezulegen scheint, dass die von Birch-Hirschfeld gezogenen Schlussfolgerungen für die Physiologie des orbitalen Blutabflusses einer Revision bedürfen, wenn anders es sich nicht herausstellen sollte, dass meine Ergebnisse der fehlerhaften Methode des von mir benutzten Apparates entspringen, ein Verhalten, welches ich nach dem Ergebnis ausgedehnter vergleichender Untersuchungen nicht für gegeben halte.

Tabellarische Übersicht der Durchschnittswerte der an 10 Individuen gemachten Messungen:

	Protrusio bulbi
Kopfbeugung (Schwerkraft des Bulbus)	0,4 mm
Kopfrückwärtsneigung	0,3 «
Rumpfbeugung	0,6 «
Bauchlage (in der Wagrechten)	1,4 «
« (30° unter der Wagrechten)	2,6 «
Exspiratorisches Pressen	1,2 «
Halskompression (d. h. Jugularisstauung)	1,5 «
Gesichtsvenenkompression, doppelseitige (als solche) .	0,4 «
Kombinierte Stauungen:	
Rumpfbeugung + Exspiratorisches Pressen	1,9 «
Jugularisstauung	2,3 «
« + Bauchlage (horizontal)	3,7 «

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen zusammenfassend glaube ich folgende Schlüsse über die Lageveränderungen des Auges in der Augenhöhle unter physiologischen Bedingungen ziehen zu dürfen:

I. Enophthalmus kommt nur unter folgenden Verhältnissen vor:

a) Lidspaltenverengerung;
die wirksamen Faktoren sind die Schwerkraft des Oberlides und die Kontraktion des M. orbicularis oculi.

b) Einstellung für die Nähe;
kann bei konstanter Blickrichtung und Lidspaltenweite des untersuchten Auges Enophthalmus bis 0,2 mm hervorrufen (Beobachtung an einer Person). Diese Zahl stimmt mit der von Tuyl angegebenen überein. Die Kontraktion der äusseren Augenmuskeln ist, wie von Tuyl angedeutet worden ist, als wirksames Moment anzusehen.

Den von Birch-Hirschfeld festgestellten Enophthalmus bei Rückwärtsneigung des Kopfes und bei tiefer Inspiration habe ich niemals beobachten können.

II. Der Einfluss der Schwerkraft des Bulbus (die Schwerkraft des orbitalen Gewebes und der hydrostatische Druck der orbitalen Drucksäule wirken in dem gleichen Sinne) ist sehr gering im Vergleich zu der anderer Protrusio bedingenden Momenten, worüber die vorstehende Tabelle Aufschluss gibt. Im selben Sinne spricht die Tatsache, dass Rückwärtsneigung des Kopfes nicht Enophthalmus erzeugt

und dass eine bestehende starke Protrusio auf Kopfbeugung keine Zunahme erfährt.

III. Von grösster Bedeutung für das Zustandekommen von Exophthalmus ist die Vermehrung des orbitalen Inhaltes durch *venöse Stauung*. Diese kann bedingt sein entweder durch *Verengerung des Abflussweges*, oder durch den der Abflussrichtung entgegengesetzt einwirkenden *hydrostatischen Druck*.

Ob eine reichlichere seröse Durchtränkung des orbitalen Gewebes in diesen Fällen mitspielt muss dahingestellt bleiben.

IV. *Einseitigen physiologischen Exophthalmus* habe ich nur bei Kopfwendung nach der Seite und bei einseitiger Jugulariskompression beobachten können. Einseitige Gesichtsvenenkompression dagegen bedingt beiderseits geringe Protrusio gleichen Grades. Hieraus geht hervor, dass die *interorbitale Ausgleichung des venösen Druckes durch den Sinus cavernosus eine ausgiebige, aber nicht annähernd vollständige ist.*

V. Der Einfluss der *Kopfhaltung* auf die Bulbuslage ist relativ gering. Von ausschlaggebender Bedeutung dagegen ist das Höhenverhältnis des Kopfes zu der Hauptmasse des Körpers, d. h. die *hydrostatische Wirkung des allgemeinen Kreislaufes.*

VI. *Der Abfluss des orbitalen Blutes* findet zum grössten Teile durch die hinteren Wege statt (Sinus cavernosus und Venae jugulares internae); ein im Verhältnis nur geringer Teil nimmt seinen Weg nach vorne durch die Gesichtsvenen. Das Verhältnis von Inanspruchnahme von hinterem und vorderem Abflusswege ist unabhängig von Kopf- resp. Körperlage.

Dass anatomisch der vordere Abflussweg ebenso ausgiebig erscheint wie der hintere beweist nichts über deren funktionelles Verhältnis zu einander. Über das wichtigste hier in Betracht kommende Moment, nämlich das Verhältnis des intravenösen Druckes in der V. facialis anterior und in der V. orbitalis resp. Sinus cavernosus, wissen wir nichts. Auch das Fehlen von Exophthalmus bei aseptischer Sinusthrombose ist kein Beweis dafür, dass auch unter physiologischen Verhältnissen das gesamte Blut nach vorne abfliessen kann. Der Zeitraum, in welchem das Hindernis des Blutstromes sich einstellt spielt die ausschlaggebende Rolle.

Herrn Prof. *Lohmann* spreche ich für die Überlassung des Apparates und Herrn Geh. Rat Prof. C. v. *Hess* für seine liebenswürdige Unterstützung meinen besten Dank aus.

Literatur.

1. Tuyl, Über das graphische Registrieren der Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen des Auges. Arch. f. Ophth. 1902, LX, 2, S. 233.
2. Ludwig, Zur Demonstration des Hervortretens des Bulbus bei willkürlicher Erweiterung der Lidspalte. Festschrift für Sattler. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Beilageheft 1903, S. 389.
3. Birch-Hirschfeld, Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. II. Teil, 5. Bd., XIII. Kap., 1907, S. 34. Physiologische Schwankungen in der Stellung des Bulbus innerhalb der Orbita.
4. Ellis, The Circulation of the Blood in the Orbita etc. Boston. Med. u. Surg. Journal 21. IV. 1887.
5. Krauss, Über die Orbitalvenen des Menschen. Ber. über d. 34. Vers. d. ophth. Gesellsch., Heidelberg 1907.
   Über orbitale Plethysmographie. Ibid., 35. Vers. 1908. Beiträge zur Anatomie, Physiologie und Pathologie des orbitalen Venensystems; zugleich über orbitale Plethysmographie. Arch. f. Augenheilk. Bd. LXVI, 1910, S. 163.
6. Levinsohn, Ber. d. ophth. Gesellsch., Heidelberg 1908, Bd. XXXV, S. 38.
7. Lohmann, Beschreibung eines Exophthalmometers. Arch. f. Augenheilk., Bd. LXXV, Heft 1, 1913.
8. J. J. Müller, Untersuchungen über den Drehpunkt des menschlichen Auges. Arch. f. Ophth. XIV, 3, S. 219.
9. Berlin, Beiträge zur Mechanik der Augenbewegungen. Arch. f. Ophth. XVII, 2, S. 154.
10. Hoppe, Einwirkungen der Stauungshyperämie etc. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1906.
11. Wessely, Experimentelle Untersuchungen über den Augendruck etc. Arch. f. Augenheilk., Bd. LX, 1908.

Lebenslauf.

Der Verfasser wurde am 5. April 1887 als Sohn des Universitäts-Professors Adolph Barkan in San Franzisko (Kalifornien) geboren, absolvierte dort die Lowell High School, welche er 1905 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Von 1906—1909 widmete er sich dem Studium der Medizin an der Universität Oxford, woselbst er die medizinischen Vorprüfungen, sowie das Examen zur Erlangung des Bakkalaureus, mit Physiologie als Hauptfach, bestand. Das Jahr 1909—1910 verbrachte er an der medizinischen Abteilung der Stanford Universität Kalifornien. Darnach besuchte er die Universitäten Freiburg (3 Semester) und München (4 Semester). Im Sommer 1911 bestand er die ärztliche Vorprüfung des Royal College of Physicians and Surgeons in London.